Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät
an der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. L. Felix Müller

ÜBER DIE ST-VERLAGERUNG IM EKG DES HUNDES

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Hans-Joachim Beyer
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1969
Journal-Nr. 688

1970

Aus der Klinik und Poliklinik für kleine Haustiere
der Veterinärmedizinischen Fakultät
an der Freien Universität Berlin
Direktor: Prof. Dr. L. Felix Müller

- -

Über
die ST-Verlagerung im EKG
des Hundes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
H a n s - J o a c h i m B e y e r
Tierarzt aus Berlin

Berlin 1969
Journal-Nr. 688

Gedruckt mit der Genehmigung der Veterinärmedizinischen
Fakultät der Freien Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. K. Bronsch
Referent: Prof. Dr. L. Felix Müller
Korreferent: Prof. Dr. G. Wittke

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Februar 1970

Gliederung

1. Aufgabe
2. Literaturübersicht
3. Material und Methode
4. Ergebnisse
   4.1 Vektor der ST-Verlagerung
   4.2 Vergleich der ST-Verlagerung gegen PQ und TP
   4.3 Die ST-Verlagerung nach Belastung
   4.4 Die ST-Verlagerung bei verschiedenen Frequenzen
   4.5 Abhängigkeit der ST-Verlagerung von der R-Amplitude
   4.6 ST-Verlagerung und Gewöhnung an die Ableitungsprozedur im Verlaufe von 3 Wochen
   4.7 ST-Verlagerung und Erregung infolge und während der Ableitungsprozedur
   4.8 Häufigkeit und Stärke der ST-Verlagerung
   4.9 Verlauf und Formen der ST-Strecke
5. Diskussion
6. Zusammenfassung
7. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

In der Humankardiologie gilt die Verlagerung der ST-Strecke aus der Nullinie als Hinweis auf eine Mangelversorgung des Myokard (8, 16, 25). Bestehen weitere Veränderungen bzw. Beschwerden, zieht man einen Myokardschaden in Erwägung. Die ST-Verlagerung tritt schon bei leichten Schädigungsgraden auf und zeigt durch ihren Vektor an, ob die inneren Muskelschichten gegenüber den äußeren stärker geschädigt sind (Innenschichtschaden) oder der umgekehrte Fall (Außenschichtschaden) vorliegt (8). Besteht kein Schädigungsgefälle in den Muskelwänden, ist ST nicht verlagert. Die fehlende Verlagerung ist also kein Beweis für das Fehlen eines Myokardschadens. Allerdings kommt nach SCHAEFER (25) beim Menschen die ST-Senkung bzw. -Hebung auch unter starkem Sympathikustonus z.B. bei Aufregung vor. Sie ist dann aber flüchtig und reversibel.

Beim Hund kommt nach Erfahrungen der hiesigen Klinik die ST-Verlagerung sehr häufig vor (32). Nach GRATZL (6) war in 38 Elektrokardiogrammen von 15 durch postmortale Untersuchungen gesicherten Fällen mit entzündlichen und degenerativen Myokardschädigungen ST 36mal verlagert. Demgegenüber waren die anderen EKG-Veränderungen wesentlich seltener. T war 12mal verändert, QRS 8mal verbreitert, andere Zeichen noch seltener. Die Verlagerung von ST ist danach das empfindlichste und häufigste Indiz für die oben genannten Myokardschädigungen. Andererseits ist der Hund ein erregbares Tier (21), und der Grad der Aufregung ist ihm nicht sicher anzusehen. Ebensowenig kann man sich über einen erregungsbedingten erhöhten Sympathikustonus orientieren. Deshalb ist auch beim Hund mit einer Verlagerung von ST als Folge der Aufregung oder eines erhöhten Sympathikustonus zu rechnen.

Bei den in der Klinik abgeleiteten EKG waren zum Teil starke ST-Verlagerungen bei aufgeregten und widerspenstigen Hunden aufgefallen, die im übrigen aber gesund erschienen (32). Aufgabe dieser Arbeit sollte es sein, die Formen der ST-Verlagerung zu beschreiben und Einflüsse zu untersuchen, die zur Verlagerung der ST-Strecke führen bzw. die Verlagerung verstärken. Im einzelnen wurden geprüft: (4.1) der Vektor der ST-Verlagerung, (4.2) die Messung der Verlagerung gegen das Niveau der PQ-Strecke bzw. der TP-Strecke, (4.3) die Verringerung nach Belastung, (4.4) die Verlagerung bei verschiedenen Frequenzen, (4.5) die Abhängigkeit der Größe der ST-Verlagerung von der R-Amplitude, (4.6) der Gewöhnungseffekt im Verlaufe von 3 Wochen mit gleichzeitigen Temperaturmessungen, (4.7) die ST-Verlagerung und Aufregung infolge und während der Ableitungsprozedur, (4.8) die Häufigkeit und Stärke der Verlagerung sowie (4.9) Verlauf und Formen der ST-Strecke.

2. Literaturübersicht

In der EKG-Diagnostik am Menschen gelten die ST-Hebung in Abl. II und ihren Nachbarableitungen als Charakteristikum für eine Perikarditis (Außenschichtschaden, 8). Als typisch für eine Koronarinsuffizienz (Innenschichtschaden, 8) wird die ST-Senkung in diesen Ableitungen angesehen. SCHÜTZ (27) bezeichnete die dabei vorliegenden Stromformen als "monophasisch deformierte Kammerkomplexe". Diese monophasischen Aktionsströme treten an einer elektrophysiologisch veränderten Stelle auf, werden monophasisch abgeleitet und mischen sich dem diphasischen EKG bei. Die Richtung der ST-Verlagerung von der Nullinie ergibt sich aus der Lage der Verletzungsstelle.

Für die vektorielle Lokalisation des Schadens gibt es theoretische Vorstellungen, die zum Teil experimentell gesichert sind (24). Nach HOLZMANN (8) erfährt der vornehmlich geschädigte Myokardbezirk nach der Erregung infolge Kurzschlusses durch die geschädigten Fasermembranen eine "Beimischung monophasischer Aktionsströme" (27), wodurch ST nicht zur Nullinie zurückkehrt. Geschädigtes Gewebe ist positiv gegenüber gesundem Gewebe, weil es bei der Erregung infolge dieses Kurzschlusses durch die Zellwände hindurch einen geringeren Negativitätszuwachs erfährt. Der Vektor von ST zeigt daher in Richtung auf den Schaden. Dabei fällt die kleine Muskelmasse der rechten Kammer gegenüber der linken im EKG wenig ins Gewicht, so daß ein Vektor, den wir nach dem EKG konstruieren, hauptsächlich für den linken Ventrikel gilt. Der rechte Ventrikel wird erst mitverantwortlich bei starker Rechtshypertrophie. Eine Theorie, die experimentell nachgeprüft wurde, liefert eine Vorstellung (24): Die Herzbasis mit ihren großen Blutgefäßen ist auf den rechten Arm (RA) zu gerichtet. Die Gefäße stellen eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit von den Innenschichten zu diesem Ableitpunkt her. Der Vektor bei dieser

Lokalisation zeigt also auf RA, der des Außenschichtschadens umgekehrt auf die kaudalen Ableitpunkte.

LEPESCHKIN (16) gab tabellarisch Angaben über die ST-Verlagerung bezogen auf PQ und TP. Er gab die Variationsbreite unter den Werten von 4000 herzgesunden Menschen an. Dabei lag der Minimalwert für ST bezogen auf PQ in der Abl. II bei -0,1 mV, der Maximalwert bei 0,2 mV. Der Minimalwert für ST in Abl. II bezogen auf TP war -0,19 mV, der Maximalwert war 0,2 mV.

Leichte ST-Senkungen wurden in den Extremitätenableitungen, besonders deutlich in Abl. II, angetroffen. Sie bewegten sich "meist von 0 bis zu -0,05 mV und überschreiten außerhalb von hochgradigen Tachykardien nie -0,1 mV" (8). Die ST-Senkung war in den Ableitungen über dem linken Herzen am deutlichsten (8). Dabei war die ST-Verlagerung durch einen tiefen Abgang und ein langsames Ansteigen der ST-Strecke zu einem oft unscharfen Übergang in die T-Welle charakterisiert. LEPESCHKIN (16) bezeichnete die relativ horizontal verlaufenden Abschnitte des Elektrokardiogrammes als ST-Segmente oder -Intervalle. HOLZMANN (8) bezog den Beginn des Niveaus der ST-Strecke auf die Lage der PQ-Strecke.

Wesentliche Veränderungen des ST-Segmentes zeigten sich beim Arbeits-EKG (8), da sich hier die verschiedenen Stoffwechsellagen des Myokard am deutlichsten widerspiegeln. Sie wurden beeinflußt durch den neurovegetativen Tonus, die Herzfrequenz, den Trainingszustand, die Ermüdung und damit die Sauerstoffspeisung und durch die Herzlage. HOLZMANN (8) riet, für die Beurteilung der ST-Verlagerung, nicht nur im Ruhe-, sondern auch im Arbeits-EKG, das Niveau der PQ-Strecke heranzuziehen. Nach HOLZMANN (8) kam eine ST-Senkung beim Menschen nach geringer Arbeitsleistung normalerweise nicht vor. Nach schwerer Körperanstrengung war eine leichte

ST-Senkung von "fraglicher Bedeutung". ROSKAMM (23) stellte aus langfristigen Verlaufsbeobachtungen von Menschen mit unterschiedlichen Befunden im Belastungs-EKG fest, daß nur ein einziger Befund im Belastungs-EKG als sicherer Hinweis für eine Koronarinsuffizienz galt, nämlich die horizontale, muldenförmige oder deszendierende ST-Senkung, die aus diesem Grunde auch als ischämische ST-Senkung bezeichnet wurde. Diese Senkung betrug -0,2 mV und mehr.

Bei jungen Sportlern konnte MELLEROWICZ (20) in sehr vielen Fällen eine Senkung des ST-Intervalles zeigen, ohne daß eine Stoffwechselstörung des Myokard vorlag. Diese ST-Senkung war reversibel und wurde als eine Folge der vegetativen Labilität aufgefaßt. Neben HOLZMANN (8) stellten auch SCHAEFER (25) und MAGENDANTZ und SHORTSLEEVE (18) fest, daß beim Menschen Angstzustände oder Furcht eine ST-Senkung mit T-Abflachungen bewirkten. Eine EKG-Wiederholung am folgenden Tag führte nach Beruhigung der Patienten oft zu einer Rückbildung der Erscheinungen.

An Kaltblüter-Zugpferden haben LANDGREN und RUTQUIST (14) Elektrokardiogramme geschrieben. Die Belastung wurde im Ergometer gemessen. Sie vergleichen diese mit Ruhe-EKG und stellten fest, daß bei diesem Material kein Unterschied zwischen dem TP- und PQ-Niveau bestand. Da nach anstrengender Arbeit (Zug von 200 kg während 5 Minuten Dauer) die Frequenz so hoch war, daß die TP-Strecke zu kurz und uneben wurde, um als Bezugslinie angesehen zu werden, wurde deshalb die PQ-Strecke benutzt. Bei mittlerer Arbeit stellten sie eine statistisch gesicherte ST-Verlagerung fest. Nach harter Arbeit zeigten sich bei mehreren Pferden in der Abl. III und Brustwandableitungen eine "abnorme Erhöhung der ST-Segmente", ohne Angabe von Werten.

MAINZER und KRAUSE (19) schrieben beim Hund Extremitätenableitungen und fanden ST nicht selten unterhalb der PQ-Linie verlagert.

KRONEMAN (12) untersuchte 246 Sportpferde elektrokardiographisch und stellte in den Abl. II und III nach kurzdauernder Arbeit eine ST-Hebung fest. Diese Hebung verschwand nach etwa 60 bis 90 Sekunden. Wichtig war, daß die Zeitspanne zwischen dem Ende der Arbeit und dem Beginn der EKG-Kontrolle kurz gehalten wurde, weil die Veränderungen innerhalb von 30 Sekunden bis 2 Minuten nach der Arbeit verschwanden.

DETWEILER (4) gab an, daß im EKG des Hundes eine Senkung der ST-Strecke unter -0,2 mV in den Abl. II und III und eine Hebung der ST-Strecke über 0,15 mV in denselben Ableitungen wahrscheinlich immer abnorm ist.

LANNEK (zit. nach 4) und HORWITZ und Mitarbeiter (zit. nach 4) gaben als Durchschnitt und Standardabweichung der Einzelwerte für die Amplitude des ST-Segmentes in der Abl. II bei Hunden -0,036 mV $\pm$ 0,052 mV an.

LANNEK (15) stellte in den Extremitätenableitungen von 88 Hunden, bei denen die anschließend erfolgte Autopsie eine akute oder subakute Myokardschädigung ergab, im EKG signifikante Veränderungen fest. Diese Abweichungen von der Norm manifestierten sich unter anderem in einer Senkung, Hebung, Mulden- oder konvexen Form von ST. Dasselbe hatte LEUPOLD (17) in mindestens 2 Extremitätenableitungen bei 19 von 47 Hunden festgestellt, die vermutlich myokardgeschädigt waren.

GRATZL (5) war der Meinung, daß bei Sinustachykardien des Hundes auch bei hohen Frequenzen um 180 pro Minute eine ST-Senkung nicht immer vorhanden zu sein braucht.

3. Material und Methode

Für diese Untersuchungen wurden 56 klinisch gesund erscheinende Schutzhunde der Polizei verwendet. Davon waren 53 Rüden und 3 Hündinnen. Das mittlere Körpergewicht betrug 36,5 ± 4,6 kg (Standardabweichung der Einzelwerte). Das mittlere Alter lag bei 6 1/4 ± 2 1/2 Jahren (St.d.E.). Es waren überwiegend Deutsche Schäferhunde oder Schäferhundbastarde.

Außerdem wurden 9 klinikeigene gesund erscheinende Terrier bzw. Terrierbastarde (5 Rüden und 4 Hündinnen) sowie 11 Schäferhundbastarde (6 Rüden, 5 Hündinnen) zu den Untersuchungen herangezogen. Das mittlere Körpergewicht lag bei 12,5 ± 7,8 kg (St.d.E.). Das Lebensalter war im Mittel 4 1/2 ± 1 3/4 Jahre.

Als Elektroden dienten Michelwundklammern (10) wie in der hiesigen Klinik üblich.

Geschrieben wurden die bipolaren (Einthoven) und unipolaren (Goldberger-Wilson) Extremitätenableitungen:

I, rechter Unterarm (RA) - linker Unterarm (LA),
II, rechter Unterarm (RA) - linker Unterschenkel (F),
III, linker Unterarm (LA) - linker Unterschenkel (F),
aVR, rechter Unterarm,
aVL, linker Unterarm,
aVF, linker Unterschenkel,

und die unipolaren Brustwandableitungen (Wilson) (15)

CV_5, rechts im 5. Interkostalraum in Höhe des Sternalrandes,
CV_{6LL}, links im 6. Interkostalraum in Höhe des Sternalrandes,
CV_{6LU}, links im 6. Interkostalraum in Höhe der Knochenknorpelverbindung der Rippen.

Die Hunde lagen in Brustbauchlage auf einem Sofa oder sie standen auf dem Fußboden. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Vorderextremitäten parallel nebeneinander standen bzw. im Liegen die Oberarme parallel nebeneinander und senkrecht zur Wirbelsäule gehalten wurden.

Die Aufzeichnung der Herzstromkurven erfolgte mit einem Elektrokardiographen[1]. Das Gerät war wie folgt eingestellt:

Zeitkonstante	1,5 Sekunden
Obere Grenzfrequenz	70 Hertz
Papierlaufgeschwindigkeit	50 mm/sec
Eichung	10 mm $\hat{=}$ 1 mV

Zur Auswertung nahmen wir Abl. II und die Brustwandableitung CV_{6LL}, weil in diesen Ableitungen die ST-Verlagerung (s. Ergebnisse) am größten ist.

Bei der Auswertung der Elektrokardiogramme wurden der RR-Abstand und die Höhe der R-Zacke, sowie der ST-Abgang und die ST-Verlagerung gemessen. Der ST-Abgang (=ST-junction =ST-J) (15, 16) ist der Punkt, an dem die zunächst schnell zur Nullinie aufsteigende S-Zacke bzw. abfallende R-Zacke in die flacher verlaufende ST-Strecke (ST-Segment) übergeht (Abb. 3). Der ST-Abgang wurde nur dann gemessen, wenn das Niveau der ST-Strecke abfiel bzw. anstieg, also beim aszendierenden ST. Wenn die ST-Strecke ungefähr waagerecht verlief, wurde das mittlere Niveau der ST-Strecke zur Messung herangezogen. Das ist beim bogenförmigen ST-Verlauf der Fall. Die Problematik der Messung wird klar, wenn man sich vergegenwärtigt, daß der ST-Abgang der tiefste Punkt des aszendierenden ST ist (Abb. 3), während das ST-Niveau beim bogenförmigen ST-Verlauf die mittlere Höhe der gesamten ST-Strecke angibt.

---

[1] Hersteller Fritz Schwarzer GmbH., München-Pasing

In der Meßpraxis ergeben sich allerdings meistens nur geringe Unterschiede. Bei Vergleichen, in denen beide Verlaufsformen vorkamen, wurde beim bogenförmigen Verlauf nicht das Niveau, sondern wie beim aszendierenden Verlauf der Abgang gemessen. Bei klinischen Messungen mißt man beim aszendierenden ST nur den Abgang. Zur Ausmessung stand ein Auswertlineal[2)] zur Verfügung, bei dem die Zeiten in Sekunden und die Amplituden in Millivolt direkt ablesbar sind. Es wurden, wie üblich, jeweils 5 Schlagintervalle ausgemessen und daraus der Mittelwert gebildet.

---

2) Hersteller Siemens-Reiniger, Cardiometer Type D

4. Ergebnisse

4.1 Vektor der ST-Verlagerung

Zunächst erhob sich die Frage, in welcher Ableitung die ST-Verlagerung am höchsten dargestellt wird bzw. in welche Richtung der Vektor der ST-Verlagerung nach den Projektionsgesetzen (8, 11, 16, 22, 25, 27) zeigt.

Es ist hier darauf aufmerksam zu machen, daß von Seiten der Elektrizitätslehre für die Sicherheit der Vektorbestimmung vor allem für die Brustwandableitungen, aber auch für die Extremitätenableitungen Bedenken bestehen (11, 13, 25), daß die klinische Elektrokardiographie das Prinzip aber seit Jahrzehnten mit Erfolg anwendet.

Für die Vektorbestimmung wurden die ST-Verlagerungen der 14 mittelgradigen und der 12 starken Verlagerungen aus der Tab. 2 für die Extremitätenableitungen ausgemessen. In Tab. 1 sind die Mittelwerte mit den Standardabweichungen der Einzelwerte eingetragen. Dabei ist zwischen den beiden häufigsten ST-Verläufen unterschieden, dem aszendierenden und dem bogenförmigen ST (Abb. 3). In Tab. 1 sind die Extremitätenableitungen in der Reihenfolge aufgeführt, in der ihre Ableitlinien mit Winkeln von 30° nebeneinander liegen (8, 13).

Bei den 2 klinisch gesunden Hundekollektiven, den 56 Schutzhunden und den 20 klinikeigenen Hunden, trat die ST-Verlagerung in den Abl. II, aVF und III ausschließlich als Senkung auf, in der Abl. aVR ausschließlich als Hebung. Sowohl bei der bogenförmigen, als auch bei der aszendierenden ST-Verlagerung ist in den 26 Fällen die ST-Verlagerung in Abl. II am stärksten. Sie beträgt beim bogenförmigen ST 0,20 mV und beim aszendierenden 0,26 mV. Die Potentiale nehmen in den Nachbarableitungen aVR und aVF ab, noch stärker in der

Abl. I (in Tab. 1 wegen der geringen Verlagerung nicht dargestellt), während sie nach der anderen Seite in der Abl. III wieder etwas zunimmt. Der Vektor von ST zeigt also in Richtung der Ableitlinie der Abl. II auf RA zu. Das entspricht im pathologischen Fall dem Typ des Innenschichtschadens (8) und würde bei diesen gesunden Hunden auf einen reversiblen Versorgungsmangel der inneren Myokardschichten hinweisen.

Der umgekehrte Fall, also eine Hebung in Abl. II, aVF und III und eine Senkung in Abl. aVR trat bei diesen gesunden Hunden nicht ein einziges Mal auf. In der Humankardiologie spricht man bei dieser Vektorlage vom Außenschichtschaden. Aus diesen beiden Gründen muß man bei dieser Vektorlage ebenfalls an eine Herzkrankheit speziell an einen Außenschichtschaden denken.

Nachdem sich die ST-Verlagerung in der Abl. II am ausgeprägtesten darstellte, haben wir von da an nur noch die Verlagerung in der Abl. II ausgemessen.

In den herznahen Brustwandableitungen ist die Bestimmung des Vektors noch weniger genau als in den herzfernen Extremitätenableitungen. Das ist dadurch bedingt, daß die elektrophysikalischen Voraussetzungen für die Anwendung der Projektionsgesetze im Tierkörper nur zum Teil erfüllt sind (13). Eine weitere Unsicherheit entsteht dadurch, daß es beim Hund schwer ist, die Brustwandelektroden in die Nullfläche des elektrischen Umgebungsfeldes des Herzens zu bringen, weil die Haut im Präkordium stark verschieblich ist. Eine Elektrode, die nicht in der Nullfläche liegt, täuscht von sich aus schon einen Vektor vor. Zudem benutzen wir wie allgemein üblich die von LANNEK eingeführten Elektrodenpositionen, die für den Partialabgriff, also das Dextro- und das Lävogramm, gedacht sind. Diese Elektroden liegen nicht in der Nullinie. Der Vektor wird dadurch systematisch

verschoben, die Richtung der Verschiebung ist aber bekannt.

Deshalb wurde auch für die Brustwandableitungen versucht, einen durchschnittlichen Vektor zu finden. Dazu wurden dieselben EKG benutzt, in denen die 14 mittelgradigen und 12 starken Verlagerungen (Tab. 2) für die Extremitätenableitungen ausgemessen wurden. Die beiden häufigsten Verlaufsformen sind auch hier das aszendierende und das bogenförmige ST. Bei exakten Elektrodenpositionen in der Nullfläche müßten bei Mangelversorgung der Ventrikelinnenschichten die rechte Brustwandableitung stumm bleiben oder eine leichte Senkung aufweisen, die linken beiden Brustwandableitungen eine stärkere Senkung zeigen (8). Infolge der oben genannten Einflüsse aber, fanden wir in jeder der 3 Brustwandableitungen Hebungen und Senkungen. Deshalb wurde darauf verzichtet, Duchschnittswerte anzugeben. Die Häufigkeiten aber entsprechen immerhin der Erwartung. In der rechten Brustwandableitung sind Hebungen und Senkungen gering, nach der Häufigkeit halten sie sich die Waage, und in den meisten Ableitungen ist ST nicht verlagert. In den beiden linken Brustwandableitungen überwiegen die Senkungen. Das war theoretisch zu erwarten. Für die Vektorbestimmung wäre es sicherlich besser, entsprechend dem Verlauf der Nullfläche die rechte Elektrode weiter kaudal, die linken Elektroden weiter kranial zu setzen.

4.2 Vergleich der ST-Verlagerung gegen PQ und TP.

Es ist üblich, als Bezugslinie für die Messung der ST-Verlagerung die PQ-Strecke zu nehmen (8, 15, 16, 25). Jedoch kann die PQ-Strecke ihrerseits verlagert oder kurz (25) und dadurch zur Messung ungeeignet sein. Deshalb mißt man in solchen Fällen gegen die TP-Strecke. (Über die Nullinie im elektrophysikalischen Sinne s. Diskussion). Wir haben daher bei den 56 Schutzhunden der

Polizei in der Abl. II geprüft, ob die Verlagerung der ST-Strecke gegen PQ und gegen TP verschieden groß ist. Der Paarvergleich (30) mittels des t-Tests ergab einen grundsätzlichen Unterschied ($p < 0,01$). Danach ist es also nicht gleichgültig, ob man in Abl. II die ST-Senkung gegen PQ oder TP mißt. Wir messen routinemäßig gegen PQ und nur, wenn das technisch nicht möglich ist, gegen TP.

Man kann nun auch die PQ- und die TP-Strecke von der ST-Verlagerung als Bezugslinie her betrachten. Wie die ST-Verlagerung von diesen beiden Strecken aus verschieden stark war, so lag von der ST-Verlagerung aus gesehen auch PQ und TP auf verschiedenem Niveau und zwar TP höher. Das zeigt die Problematik für die Messung der ST-Verlagerung von diesen beiden Strecken aus (s. Diskussion).

4.3 Die ST-Verlagerung nach Belastung

Das insuffiziente Herz, das im EKG in der Regel eine starke ST-Verlagerung zeigt, arbeitet im allgemeinen mit 180 bis 220 Schlägen pro Minute (8,16,25). Diese Frequenz kann man als ein Zeichen für eine Überlastung des Myokard auffassen. Wir haben deshalb untersucht, ob die Stärke der ST-Senkung in Abl. II auch bei gesund erscheinenden Hunden von der Belastung abhängig ist. Dazu wurden 9 klinikeigene gesund erscheinende Terrier bzw. Terrierbastarde, die körperlich wenig trainiert waren, 3 bis 5mal etwa 20 Treppenstufen im Lauf hinauf- und heruntergeführt, bis sie sichtbar ermüdet waren und den Lauf abzubrechen suchten. Sie wurden dann gezwungen, bis in den Untersuchungsraum an das EKG-Gerät heran im Trab zu bleiben. Dort erwarteten 2 Untersucher den Hund mit registrierbereitem EKG-Gerät und setzten die 2 Elektroden für die Abl. II und die Erdelektrode ein. Auf diese Weise konnten praktisch unmittelbar nach Beendigung des Laufes die ersten EKG-Abläufe registriert werden. Danach wurde

20 Minuten lang alle 2 Minuten ein weiteres EKG abgeleitet. Die Ausmessung der ST-Senkung in Abl. II ergab einen signifikanten Rückgang ($p < 0,01$) in der Ruhephase nach Ende der Belastung (Tab. 3 u. Abb. 1, oben). Man kann das als Beleg dafür ansehen, daß die ST-Verlagerung von der Stärke der Belastung abhängig ist.

Das Studium der Tab. 3 zeigte, daß im Verlaufe der 20 Beobachtungsminuten der RR-Abstand zugenommen bzw. die Herzfrequenz abgenommen hatte. Wir haben daher auch die Abhängigkeit der Stärke der ST-Senkung von dem RR-Abstand berechnet. Es ergab sich ein systematischer Einfluß ($p < 0,01$). Die ST-Verlagerung war also auch mit dem RR-Abstand korreliert (Abb. 1, unten). Ihre Stärke nahm im Verlaufe der 20 Minuten mit zunehmendem RR-Abstand bzw. fallender Frequenz von 132 bis 95 Schlägen pro Minute grundsätzlich ab.

4.4 ST-Verlagerung bei verschiedenen Frequenzen

Es lag nun die Frage nahe, ob die ST-Verlagerung überhaupt frequenzabhängig ist. Zu diesem Zwecke wurde für die 56 Schutzhunde die Korrelation zwischen der ST-Verlagerung und dem RR-Abstand bzw. der Frequenz berechnet. Diese Hunde waren nicht wie die eben beschriebenen Klinkhunde einer Arbeitsbelastung durch Laufen ausgesetzt, sondern lagen oder standen bei der Ableitung. Diese Tiere waren im Vergleich zu den eben besprochenen 9 klinikeigenen Terriern körperlich trainiert. Viele von ihnen waren aufgeregt, und einige leisteten erheblichen körperlichen Widerstand. Die Frequenzen streuten hier je nach dem Aufregungsgrad von 80 bis 180 Schlägen pro Minute. Bei ihnen ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p < 0,01$). Für diese Gruppe war die Stärke der ST-Verlagerung also nicht frequenzabhängig.

Wir haben nun versucht herauszufinden, ob an ein und demselben Hund bei verschiedenen Schlagfrequenzen ein Unterschied festzustellen ist. Dafür wurde die ST-Verlagerung in 11 EKG bei 8 klinikeigenen, nicht trainierten Schäferhunden ausgemessen. Um bei diesen Hunden hohe Frequenzen zu erhalten, wurden sie durch leichte Schläge oder Anschreien während der Ableitung im Liegen aufgeregt. Der Frequenzbereich lag bei ihnen zwischen 60 bis 180 Schlägen pro Minute. In 9 EKG ergab sich keine Korrelation ($p < 0,01$), einmal zeigte sich eine signifikante Steigung und einmal ein signifikanter Abfall. Man erhielt also auch für den einzelnen Hund eine verhältnismäßig einheitliche Antwort. Auch beim einzelnen Hund ist also im untersuchten Bereich, wie in der Gruppe der Schutzhunde, die ST-Verlagerung wahrscheinlich nicht abhängig von der Frequenz.

Bei dem Versuch, so hohe Schlagzahlen am gesunden Hund zu erzeugen, treten technische Probleme auf. Die Hunde psychisch zu erregen, gelang nicht in dem Maße, sie mußten Arbeit leisten. Wir ließen sie laufen. Wir haben Elektrokardiogramme vom Fahrrad aus über ein Kabel und drahtlos vom Auto aus registriert. Im Lauf ist das EKG verzittert und schon während des Anhaltens geht die Schlagzahl auf niedrige Werte zurück.

4.5 Abhängigkeit der ST-Verlagerung von der R-Amplitude

Von der Humankardiologie her ist bekannt, daß die Größe der ST-Verlagerung mit den Potentialhöhen, insbesondere der Größe von R im Zusammenhang steht (16). Wir haben diese Frage deshalb bei den 56 Schutzhunden untersucht und eine statistisch gesicherte Korrelation gefunden ($p < 0,01$). In Abb. 2 ist die Regressionsgerade für die Wertepaare eingetragen. Man sieht, daß bei den Hunden die ST-Verlagerung desto größer ist, je höher

die Amplitude von R ist.

Bei der Beurteilung der ST-Verlagerung beim Hund wird man daher eine ST-Verlagerung bei im übrigen großen Potentialen weniger stark bewerten als eine gleichgroße bei niedrigen Potentialen.

4.6 ST-Verlagerung und Gewöhnung an die Ableitungsprozedur im Verlaufe von 3 Wochen

In den Versuchen sollte festgestellt werden, ob die ST-Verlagerung als Ausdruck eines hohen Sympathikustonus bzw. infolge Aufregung im Verlaufe von 3 Wochen durch Gewöhnung des Hundes an die Meßprozedur, die Herzstromschreibung, verändert wird. Um einen Vergleichsvorgang als Bezug zu haben, wurde vor und nach der Schreibung die Rektaltemperatur gemessen.

Es wurde bei 3 Hunden innerhalb von 20 Tagen zwischen 14 und 15 Uhr 14 mal ein EKG wie für die klinische Diagnostik geschrieben, also 3 bipolare und 3 unipolare Extremitätenableitungen sowie 3 unipolare Brustwandableitungen. Vor der Schreibung wurde im Untersuchungsraum, während die Hunde noch auf dem Boden standen, die Rektaltemperatur gemessen. Dann wurden die Hunde zur Ableitung, wie in der hiesigen Klinik üblich, auf ein Sofa gebracht. Nach Beendigung der Schreibung haben wir ein zweites Mal die Rektaltemperatur, im Mittel etwa 10 Minuten später, gemessen.

Zur Beantwortung der Frage, ob die ST-Verlagerung im Verlaufe der 20 Untersuchungstage stärker oder geringer wird, wurden in jedem EKG der 3 untersuchten Hunde die ST-Verlagerung jeweils in der Abl. II und Abl. CV_{6LL} gegen PQ und TP gemessen. Das ergab also pro Hund 4 bzw. für alle 3 Hunde 12 Meßreihen, für die Regression und Korrelation berechnet wurden. Bis auf ein fragliches Ergebnis (empirischer Wert und Tabellen-

wert waren fast gleich groß) waren alle 12 Vergleiche nicht signifikant verschieden ($p < 0,01$). Die ST-Verlagerung blieb also bei allen 3 Hunden im Verlaufe der 3 Beobachtungswochen gleich groß. Der Mittelwert und die Standardabweichung der Einzelwerte der ST-Verlagerung aller 3 Hunde in den 3 Wochen ergab in Abl. II $-0,19 \pm 0,07$ mV. Es trat keine Gewöhnung ein, weder im Sinne einer Verringerung noch einer Verstärkung der Verlagerung von ST.

Ein ganz ähnlich einheitliches Ergebnis hatten die Temperaturmessungen. Dafür wurden pro Hund 2 Regressionen bzw. Korrelationen berechnet, die Temperaturen vor und diejenigen nach Ableitung des EKG gegen die Beobachtungszeit. Das ergab für alle 3 Hunde 6 Testreihen. Auch hierbei war eine Reihe fraglich, während die anderen 5 keine Verschiedenheit ($p<0,01$) zeigten. Wir erhielten also eine praktisch einheitliche Aussage, die mit dem Ergebnis der ST-Verlagerung übereinstimmt. Auch der Temperaturverlauf zeigte also, daß eine Gewöhnung der 3 Hunde an die Ableitungsprozedur nicht eintrat.

Dafür spricht auch der Paarvergleich (t-Test) der Temperaturmessungen vor und nach der EKG-Ableitung, der bei 2 der 3 Hunde einen grundsätzlichen Unterschied ergab ($p<0,05$). In diesen beiden Fällen war die Temperatur systematisch gestiegen und zwar von $39,1^{\circ}C$ auf $39,4^{\circ}C$. Nach dem Zeichentest (30) war die Temperatur bei allen 3 Hunden gestiegen.

Als Fazit kann man sagen, daß die Hunde auch nach wiederholten EKG-Ableitungen durch die Prozedur aufgeregt werden.

4.7 ST-Verlagerung und Erregung infolge und während der Ableitungsprozedur

Während der Untersuchungen waren die mehr oder weniger starken ST-Verlagerungen eines Teiles der Hunde aufgefallen. Es lag daher, wie schon erwähnt, der Gedanke nahe, daß sich die Erregung bzw. der hohe Sympathikustonus der Hunde durch die Meßprozedur in einer Verstärkung der ST-Verlagerung ausdrücken würde. Deshalb wurde bei den letzten 19 Hunden bzw. Ableitungen als Bezugsvorgang die Rektaltemperatur der Hunde vor der Ableitung auf dem Hof und nach der Ableitung im EKG-Labor, im Durchschnitt etwa 10 Minuten später, gemessen. Einzuschränken ist, daß viele Hunde bei der Temperaturmessung auf dem Hof schon einen gewissen Erregungsgrad aufwiesen und diese erste Temperaturmessung also keine Ruhetemperatur war. Bis zur zweiten Temperaturmessung nach dem EKG war die Temperatur im Durchschnitt von 38,0°C auf 38,4°C gestiegen. Die Differenz ist nach dem Paarvergleich mittels t-Test signifikant verschieden ($p < 0,05$), das heißt, die Temperatur war während der Ableitung systematisch gestiegen.

Der Paarvergleich mittels t-Test zwischen dem ST-Abgang derselben 19 Hunde in der Brustwandableitung CV_{6LL}, die am Anfang und der Abl. II, die am Ende der Untersuchung, im Mittel etwa 3 Minuten später, geschrieben wurde, ergab keinen signifikanten Unterschied ($p < 0,05$). Hier gilt die oben für die Temperaturmessung gemachte Einschränkung in noch stärkerem Maße. Die Zeitdifferenz ist noch kleiner und die Bedingungen am Anfang der Ableitung entsprechen noch weniger einem Ruhezustand. Auch der Vergleich aller 56 Hunde zwischen denselben Ableitungen ergaben keine Differenz ($p < 0,05$). Daraus kann man entnehmen, daß erstens der ST-Abgang sich in den Abl. CV_{6LL} und II nicht signifikant unterscheiden und daß zweitens in dem Zeitintervall der Schreibung der

beiden Ableitungen der ST-Abgang sich nicnt stärker verlagert hatte.

Beim Vergleicn zu den Temperaturmessungen, bei denen sich eine systematische Erhöhung ergab, muß man sagen, daß die zeitlich erste Ableitung, in der der ST-Abgang gemessen wurde, später als die erste Temperaturmessung lag und der Hund durch das Betreten des Labors und das Anlegen der Elektroden sicher schon einen gewissen Aufregungsgrad erreicht hatte. Das wäre die eine Möglichkeit, den Unterschied der beiden Ergebnisse zu erklären. Eine weitere ist, daß die ST-Verlagerung bei Erregung sehr rasch eintritt, während die Temperatursteigerung zeitlich träger verläuft.

Übereinstimmung zeigte hingegen der Paarvergleich zwischen den Temperaturmessungen vor und nach der Ableitung bei diesen Schutzhunden und den vorhin (4.6) behandelten Klinikhunden. Auch dort ergab sich eine systematische Steigerung der Temperatur während der Ableitung.

Wie dort kann man auch hier den Schluß ziehen, daß die EKG-Ableitung die Hunde erregt hat.

4.8 Häufigkeit und Stärke der ST-Verlagerung

Danach interessierte uns, wie häufig und in welchem Schweregrad die ST-Verlagerung bei den 56 Schutzhunden auftrat. Es wurden daher, wie in Tab. 2 aufgeführt, Gruppen für eine normale, auf der Höhe von PQ liegenden ST-Verlauf, und für leichte, mittelgradige und starke ST-Verlagerungen gebildet. Für die 3 gewählten Schweregrade (Abb. 3) wird vereinbart, eine Verlagerung bis zu 0,05 mV als leicht, bis zu 0,15 mV als mittelgradig und noch größere Verlagerungen als stark zu bezeichnen. In den letzten 2 Gruppen ist zwischen einem bogenförmigen und einem aszendierenden Verlauf unterschieden worden (Abb. 3)

Es fällt die verhältnismäßig hohe Zahl von starken und mittelgradigen ST-Senkungen in Abl. II auf. Sie zeigen ungefähr zu gleichen Teilen aszendierenden und bogenförmigen Verlauf.

4.9 Verlauf und Formen der ST-Strecke

In Abb. 3 sind typische Verläufe der ST-Strecke aus der Abl. II dargestellt. Oben handelt es sich um eine ST-Strecke, die auf der Höhe der PQ-Strecke liegt, also nicht verlagert ist. In der zweiten und dritten Zeile sind die beiden häufigsten Formen der ST-Senkung dargestellt, und zwar je ein bogenförmiges und ein aszendierendes ST, einmal mit mittelgradiger und einmal mit starker Verlagerung. Diesen sind in der untersten Zeile eine bogenförmige und eine aszendierende ST-Senkung zweier pathologischer Fälle gegenübergestellt, deren wesentliche klinische Befunde im Folgenden dargestellt werden.

Bei einem 8-jährigen Deutsch-Drahthaarrüden wurde eine Thalliumvergiftung nachgewiesen (28). Der Hund zeigte starke Dyspnoe, Husten und Zyanose der Schleimhäute. Auskultatorisch waren in den ventralen Partien des Lungenfeldes feuchte Rasselgeräusche zu hören. Nach der Röntgenaufnahme wurde eine Herzvergrößerung festgestellt. Der planimetrisch ermittelte Anteil der Herzfläche am Thoraxfeld lag bei 67%, die obere Grenze der Norm beträgt 41 % (29). Der Hund hatte ein systolisches Geräusch, das am stärksten im Mitralfeld hörbar war. Danach ist eine Mitralklappeninsuffizienz wahrscheinlich. Im EKG wurden bei einer Frequenz von 200 Schlägen pro Minute Zeichen einer Myokardschädigung diagnostiziert. Sie bestanden in einer starken bogenförmigen ST-Senkung in Abl. II (Abb. 3 untere Zeile links), einer QT-Verlängerung (0,21 sec; bei 180/min obere Grenze der Norm 0,21; nach 31) und Herzarrhythmie infolge

Vorhofflatterns. Ausgehend von der Thalliumvergiftung und dem wahrscheinlich schon länger bestehenden Mitralklappenfehler war es zu einer Herzinsuffizienz mit Herzvergrößerung und Stauungslunge gekommen. Der Hund starb 8 Monate später.

Eine 9-jährige Bastardhündin wurde wegen einer Pyometra hysterektomiert. 3 Tage post operationem waren die bis dahin im Normalbereich liegenden Serumharnstoff- und Blutzuckerwerte mit 160 mg% und 250 mg% erhöht. Wenig später kam die Hündin nach schnell fortschreitender Zustandsverschlechterung ad exitum. Bei der Sektion des Tieres wurden neben einer trüben Schwellung der Leber und einer Gastritis mit ammoniakalischem Schleimhautgeruch als Hauptbefunde eine chronische Glomerulonephritis sowie eine zirkumskripte Peritonitis im Operationsgebiet festgestellt.
Etwa 24 Stunden vor dem Tod wurde ein EKG aufgezeichnet. Das EKG zeigte eine starke aszendierende ST-Senkung in Abl. II (Abb. 3 untere Zeile rechts) sowie die Erhöhung einer positiven T-Welle (1,1 mV; obere Grenze der Norm 0,51 mV nach 13). Beides kann zusammen mit der plötzlichen Verschlechterung des Allgemeinzustandes als stoffwechselbedingte Myokardschädigung angesehen werden (8).

Die 56 für diese Untersuchung herangezogenen Schutzhunde der Polizei werden in der hiesigen Klinik seit Jahren gesundheitlich überwacht und auch in Zukunft weiter beobachtet. Wir haben im allgemeinen keine Krankheitszeichen, speziell nicht an Herz und Kreislauf, feststellen können. Besonders die Hunde mit einer starken ST-Senkung in Abl. II werden weiter untersucht werden.

Der Vergleich dieser ST-Senkungen, vor allem der ausgeprägten, mit den Verlagerungen in pathologischen Fällen, von denen in Abb. 3 zwei typische dargestellt sind, ergibt, daß weder Form noch Stärke der Verlagerung eine Unterscheidung ermöglichen. Im klinischen Fall also darf deshalb eine Senkung von ST in Abl. II diagnostisch nur dann gewertet werden, wenn weitere Zeichen für einen Myokardschaden oder eine Herzinsuffizienz vorhanden sind. Dagegen weist eine mittelgradige oder starke Hebung in Abl. II wahrscheinlich immer auf eine Myokardschädigung hin.

	aVR	II	aVF	III
aszendierend (ST-Abgang)	+0,11±0,05	-0,26±0,06	-0,18±0,04	-0,22±0,05
bogenförmig	+0,07±0,04	-0,20±0,05	-0,15±0,06	-0,17±0,06
$\bar{x}$ gesamt	+0,09	-0,23	-0,16	-0,19

Tab. 1

Stärke der ST-Verlagerung (Mittelwerte und Standardabweichungen der Einzelwerte) in den Extremitätenableitungen. Die Verlagerung ist für beide Formen, die aszendierende und die bogenförmige, in Abl. II am höchsten. Nach den Projektionsgesetzen (11, 24) zeigt also der Vektor der ST-Verlagerung in Richtung der Ableitlinie der Abl. II auf RA zu.

		0′	2′	4′	6′	8′	10′	12′	14′	16′	18′	20′
1	RR	0,50		0,49		0,57	0,62	0,62	0,70	0,72		0,64
	ST	0,17		0,21		0,24	0,24	0,16	0,19	0,19		0,14
2		0,54	0,53	0,52	0,55	0,54	0,53	0,57	0,55	0,59	0,54	0,57
		0,18	0,17	0,14	0,12	0,10	0,11	0,12	0,09	0,08	0,08	0,03
3		0,44	0,60	0,52	0,61	0,58				0,68		
		0,16	0,21	0,19	0,19	0,20				0,20		
4		0,47	0,49	0,54		0,57	0,39	0,46		0,40		0,47
		0,26	0,22	0,29		0,24	0,22	0,15		0,17		0,12
5		0,36	0,42	0,47	0,39	0,44	0,46					
		0,22	0,18	0,12	0,10	0,12	0,07					
6		0,66	0,82	0,77	0,74	0,85	0,80	0,91	0,82	0,95	0,90	0,99
		0,15	0,14	0,17	0,17	0,17	0,20	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19
7		0,33	0,38	0,42	0,41	0,43	0,47	0,44	0,42	0,45	0,51	
		0,11	0,20	0,17	0,17	0,17	0,19	0,20	0,20	0,15	0,19	
8		0,39	0,43	0,54	0,52	0,47	0,55	0,49	0,53	0,56	0,58	0,50
		0,28	0,26	0,24	0,23	0,20	0,22	0,20	0,21	0,19	0,20	0,19
9		0,40	0,47	0,47	0,54	0,68	0,53	0,54	0,62	0,63	0,61	0,63
		0,15	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,08	0,08
$\bar{x}_{RR}$		0,45	0,52	0,53	0,54	0,57	0,54	0,58	0,61	0,62	0,63	0,63
$\bar{x}_{ST}$		0,19	0,19	0,18	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,13

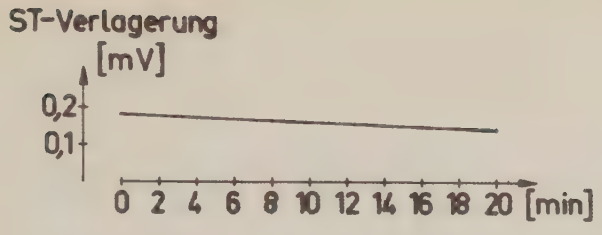
Tab. 2

Einzelwerte und Mittelwerte ($\bar{x}$) der RR-Abstände (RR) und ST-Verlagerungen (ST) von 9 Terrieren bzw. Terrierbastarden nach Arbeitsbelastung durch Lauf. In Abständen von 2 Minuten wurden 11 Beobachtungen in 20 Minuten durchgeführt. Für die Mittelwerte ergaben sich statistisch gesicherte Koppelungen. Die Stärke der ST-Senkung in Abl. II nimmt in den 20 Minuten nach der Belastung ab und geht auch gegen die in der Beobachtungszeit zunehmenden RR-Abstände (bzw. abfallender Herzfrequenz) zurück. Von der Herzfrequenz allein aber, also ohne Belastung, ist im Bereich von 60 bis 180/min die Stärke der ST-Verlagerung nicht abhängig.

	ST-Senkungen				
	keine	leicht	mittelgrad.	stark	
aszendierend			9	6	
bogenförmig			6	6	
	21	9	14	12	56

Tab. 3

Bei 56 Schutzhunden wurde je ein EKG geschrieben. Die Tabelle zeigt für die Abl. II die Häufigkeit des Auftretens der ST-Senkung, die Häufigkeit der Schweregrade und der Verlaufsformen. Für die 3 gewählten Schweregrade wurde vereinbart, eine Verlagerung bis zu 0,05 mV als leicht, bis zu 0,15 mV als mittelgradig und noch größere Verlagerungen als stark zu bezeichnen.



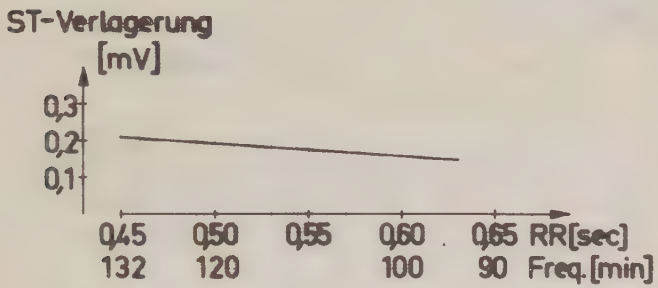


Abb. 1 oben

Korrelation der Wertepaare der ST-Senkung in Abl. II (Mittelwerte von 9 Hunden) und der 11 Beobachtungen in 20 Minuten aus der Tab. 2. Die Regressionsgerade entspricht $y=0,166-0,0022(x-8,77)$. Der Abfall ist statistisch gesichert. Die ST-Senkung nimmt also nach Ende der Belastung innerhalb der 20 Minuten systematisch ab.

Abb. 1 unten

Korrelation der Wertepaare der ST-Senkung in Abl. II und der RR-Abstände (beides Mittelwerte von 9 Hunden aus der Tab. 2). Die Regressionsgerade entspricht $y=0,17-0,25(x-0,56)$. Der Abfall ist ebenfalls statistisch gesichert. Die ST-Senkung nimmt also mit dem nach der Belastung in der Beobachtungszeit zunehmenden RR-Abstand (bzw. fallender Herzfrequenz) ab. Von der Herzfrequenz allein aber, also ohne Belastung, ist im Bereich von 60 - 180/min die Stärke der ST-Senkung nicht abhängig.

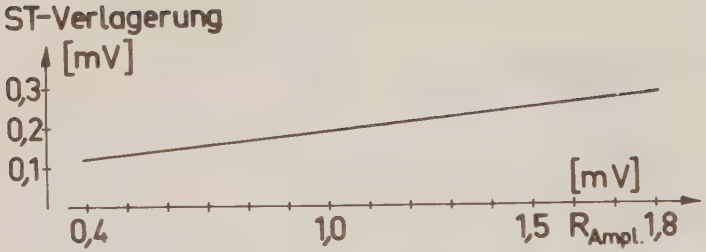


Abb. 2

Korrelation zwischen der Potentialhöhe von R ($R_{Ampl.}$) und der ST-Senkung in Abl. II. Die Regressionsgerade entspricht y=0,224+0,1176(x-1,3). Der Anstieg ist statistisch gesichert. Die ST-Senkung ist also bei größeren R-Amplituden stärker, was für die Beurteilung der Verlagerung zu beachten ist.

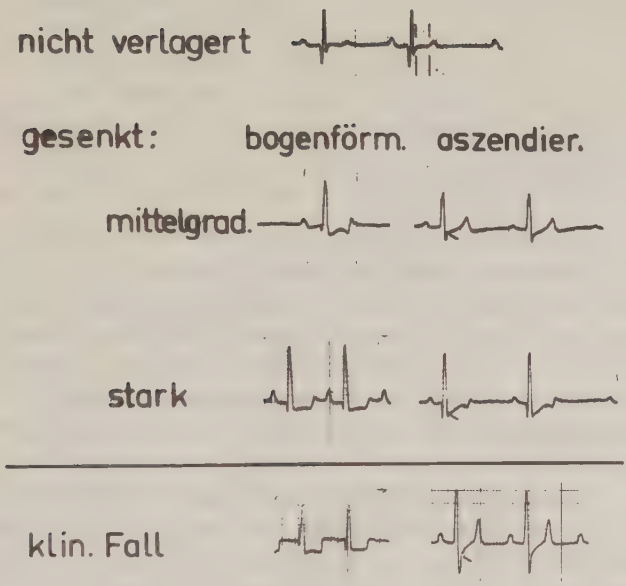


Abb. 3

Verläufe der ST-Strecke, Abl. II. In der obersten Zeile ist durch Senkrechte Beginn und Ende einer ST-Strecke in Höhe von PQ, also ein nicht verlagertes ST, bezeichnet. Die unteren 3 Zeilen zeigen ST-Senkungen, links von bogenförmigem, rechts von aszendierendem Verlauf. Beide Formen kommen im untersuchten Kollektiv am häufigsten vor. In der 2. und 3. Zeile sind mittelgradige und starke Verlagerungen dieses Kollektivs dargestellt, in der untersten Zeile die bogenförmige und die aszendierende ST-Senkung zweier klinischer Fälle (Krankenberichte im Text). Bei den 3 aszendierenden ST-Verläufen sind die ST-Abgänge mit kurzen Schrägen bezeichnet. Weder Form noch Stärke der Senkungen erlauben, Verlagerungen Klinischer Fälle von den ST-Verläufen des Schutzhundekollektivs zu unterscheiden. Dagegen weist eine mittelgradige oder starke Hebung in Abl. II wahrscheinlich immer auf einen Myokardschaden hin (s.4.9).

5. Diskussion

In dieser Arbeit ist nur von der typenabhängigen ST-Verlagerung die Rede (3), was schon daraus hervorgeht, daß sie in Abl. II, in der QRS beim Hund am größten ist (13), ebenfalls die stärkste Ausprägung erfährt. Sie ist danach also eine Veränderung im apiko-basalen Erregungsrückgang. Die typenunabhängige Verlagerung vom Typ des Infarktes dürfte bei herzkranken Hunden außerordentlich selten sein (32).

Von der humankardiologischen Klinik her ist bekannt, daß der Vektor der ST-Verlagerung in verschiedene, zum Teil entgegengesetzte Richtungen zeigt. Man unterscheidet auf diese Weise den Innenschicht- vom Außenschichtschaden. Bei unseren gesund erscheinenden Hunden war die ST-Verlagerung wie beim Menschen (8) als Senkung am höchsten in der Abl. II. Der Vektor zeigte also in Richtung der Ableitlinie von Abl. II auf RA zu (Tab. 1), was auf eine Mangelversorgung der Innenschichten des linken Ventrikels hindeutet, die höchstwahrscheinlich flüchtig ist. In Richtung der Ableitlinie von Abl. aVF nahm die Höhe der ST-Verlagerung ab, während sie in Richtung der Ableitlinie der Abl. III wieder zunahm, wenn sie auch nicht die Stärke wie in Abl. II erreichte. Bei dieser Vektorrichtung kann man annehmen, daß die Innenschichten des rechten Ventrikels ebenfalls oder stärker als die des linken einer Mangelversorgung unterlagen.

Die Befunde Innen- und Außenschichtschaden sind EKG-Zeichen. Es ist auch beim Menschen selten möglich, histologische Schichten mit unterschiedlichem Schädigungsgrade festzustellen. Die ST-Verlagerung weist offenbar auf sehr feine funktionelle Unterschiede hin, die morphologisch kein erkennbares Substrat haben (25).

Der Verlagerung von ST wird beim Menschen klinisch im allgemeinen eine große diagnostische Bedeutung beigemessen (8, 16, 25, 27). Es fehlt aber auch nicht an warnenden Stimmen (16, 25). Die ST-Verlagerung kann vorgetäuscht sein dadurch, daß es unmöglich ist, eine wahre Nullinie zu finden, was vor allem bei Tachykardie der Fall sein kann. Außerdem kann es bei Verschiebung des Abklingens des elementaren T gegenüber dem apikobasalen T zu ST-Verlagerungen kommen (25, 26). Im übrigen sollte man immer bedenken, daß die vom Gerät aufgezeichneten Strecken zwischen PQ und TP, von denen aus man im allgemeinen die Verlagerung von ST mißt, elektrophysikalisch nicht die Nullinien sind. Das EKG ist als Wechselspannung aufzufassen (2). Die tatsächliche Nullinie findet man, indem die Fläche unter den großen Ausschlägen (R und positives T) bis zu den Fußpunkten der Ausschläge durch die Periodendauer dividiert wird. Dieser Quotient gibt die Höhe an, in der die wahre Nullinie in diesem Fall über der Verbindungslinie zwischen den beiden Fußpunkten liegt. Entsprechend ist die Nullinie nach der negativen Seite verschoben, wenn die großen Ausschläge bzw. die großen Flächen über ihnen negativ sind. Das ist der Fall bei niedrigem R, aber tiefem S und negativem T (22). WEZLER und BÖGER (33) geben diese Methode zur Errechnung des mittleren Blutdruckes, was beim EKG der Nullinie entspräche, bei der blutigen Blutdruckmessung an.

Daß PQ und TP auf verschieden hohem Niveau lag, ist nach dem eben Gesagten durchaus erklärlich.

In der Diagnostik ist infolgedessen bei geringen ST-Verlagerungen Zurückhaltung angebracht. Die Abweichungen aus den eben genannten Gründen aber werden selten erhebliche Verlagerungen vortäuschen. Bei mittelgradigen und starken ST-Verlagerungen wird ihr Anteil klein sein.

Der systematische Rückgang der ST-Verlagerung nach dem Ende der Belastung ist ein klinisch interessanter Befund. Auch bei herzinsuffizienten Hunden ist der Rückgang der Verlagerung bei Besserung des Zustandes beobachtet worden (32). Eine Verbindung dieser Befunde liegt nahe, das Nachlassen einer Verlagerung im klinischen Fall diagnostisch und prognostisch zu verwerten.

MELLEROWICZ (20) fand bei Sportlern ebenfalls eine reversible ST-Verlagerung bei Belastung.

Bei der Prüfung der Frequenzabhängigkeit der ST-Verlagerung fanden wir im Belastungsversuch ein positives Ergebnis (4.3), während sich bei den Schutzhunden, die zum Teil allein von der Ableitungsprozedur erregt waren oder bei den klinikeigenen Hunden, die während der Ableitung von dem Untersucher erregt wurden, kein Einfluß ergab.

Es erhebt sich die Frage, warum bei der einen Gruppe eine Frequenzabhängigkeit nachzuweisen war, bei der anderen Gruppe nicht. Der Unterschied kann in der verschiedenen Kondition liegen, die Gruppe mit Arbeitsbelastung war körperlich nichttrainiert. Ein zweiter Grund für den Unterschied kann darin bestehen, daß aus technischen Gründen nur Frequenzen unter 180 Schlägen pro Minute untersucht werden können. Es ist hier zu sagen, daß sich beispielsweise bei einem Frequenzbereich zwischen 150 und 220 Schlägen pro Minute ein Unterschied ergeben kann.

Die Frequenzabhängigkeit der ST-Verlagerung ist auch beim Menschen schwer nachweisbar, weil sich beim Menschen bei hohen Frequenzen die U-Welle dem ST-T-Abschnitt überlagert und dadurch eine Verlagerung vortäuschen kann (25).

Eine andere Möglichkeit der Erklärung ist der verschiedene Trainingszustand der Tiere. Beim Menschen ist das nach HOLZMANN (8) von Einfluß. Vielleicht tritt eine ST-Verlagerung bei untrainierten Hunden früher und stärker auf als bei den trainierten Schutzhunden. Allerdings muß man einschränken, daß in unseren Untersuchungen solche Schlagzahlen, in denen das insuffiziente Herz arbeitet, kaum erreicht wurden, so daß nicht gesagt werden kann, ob bei Frequenzen um und über 200 pro Minute die ST-Verlagerung nicht doch stärker werden würde.

Dieser Weg, die ST-Verlagerung eines gesunden Hundes durch Belastung im Schlagzahlenbereich des insuffizienten Herzens (200/min) zu untersuchen, scheitert also heute an technischen Mängeln. Ein anderer Weg war, durch mehrmalige Herzstromschreibung und Gewöhnung an die Meßprozedur einen Rückgang der ST-Verlagerung zu erreichen, um auf diese Weise die Verlagerung durch Aufregung von der durch Herzkrankheit zu unterscheiden.

Auch diese Möglichkeit besteht nach den Ergebnissen nicht. Im Verlaufe von 3 Wochen ging bei den 3 gesunden Kliniknunden weder die ST-Verlagerung noch die Körpertemperatur zurück. Das Ergebnis steht in gewisser Weise im Gegensatz zu den Untersuchungen von HÖPING (7).

Bei Blutdruckmessungen über eine Zeit von 38 Tagen ging der systolische Druck von anfangs überhöhten Werten um 150 mm Hg mit einem statistisch gesicherten Abfall auf Werte um 115 mm Hg zurück, die als Ruhewerte gelten (32). HÖPING untersuchte, wie auch wir, lediglich 3 Hunde. Wenn man die geringe Zahl von Versuchstieren für eine systematische Aussage nehmen will, müssen die beiden unterschiedlichen Ergebnisse in der Untersuchungstechnik gesucht werden. Den Hunden wurden für die Blutdruckmessungen Luftdruckmanschetten angelegt, für die EKG-Schreibung aber Michelwundklammern, die durch die Haut bis in die Subkutis eindringen und sicherlich, wenn auch geringe, Schmerzen verursachen. Das wäre eine Möglichkeit

der Erklärung. Dafür spricht auch unser Ergebnis, wonach bei 19 Schutzhunden während der Ableitung die Temperatur systematisch gestiegen war.

Abgesehen von diesen Erklärungsmöglichkeiten könnten Unterschiede auch aus den unwägbaren Einflüssen bei der Dressur resultiert sein.

Die starke Variationsbreite bei unseren untersuchten Hunden steht auch in Übereinstimmung mit den Erfahrungen von LEPESCHKIN (16) und HOLZMANN (8) am herzgesunden Menschen (s.2.).

Die ST-Senkung unter -0,20 mV in Abl. II und III sieht DETWEILER (4) beim Hund als wahrscheinlich immer abnorm an. Diese Meinung können wir nicht teilen, weil wir solche und noch stärkere Senkungen in den Abl. II und III praktisch bei der Hälfte der untersuchten Schutzhunde gefunden haben (Tab. 3).

Nach den Ergebnissen dieser Arbeit muß man die ST-Senkung in den Abl. II und III beim Hund mit Vorsicht betrachten. Sie ist wahrscheinlich bei klinisch gesunden Hunden häufig, was man gut mit seiner besonderen Erregbarkeit (21) erklären kann. Bestehen allerdings weitere Symptome, die auf eine Überlastung des Herzens hinweisen, dann muß die ST-Verlagerung diagnostisch in Betracht gezogen werden.

Wir stimmen mit DETWEILER (4) überein, wenn er eine ST-Hebung über 0,15 mV in den Abl. II und III als wahrscheinlich immer abnorm bezeichnet. Diesen Fall haben wir in den beiden untersuchten Kollektiven gesunder Hunde nicht ein einziges Mal gefunden.

Zum Schluß soll noch einmal auf die Häufigkeit anderer EKG-Veränderungen bei Myokardschäden bei Hunden nach GRATZL (6), die im Prinzip auch in der Humankardiologie

gelten, eingegangen werden. Gewiß gibt es EKG-Zeichen, die diesen Schluß mit großer Sicherheit zulassen. Das sind zum Beispiel die QT-Verlängerung, die QRS-Verbreiterung, Blockierungen, gehäufte Extrasystolen usw. Alle diese Zeichen aber treten spät oder nicht regelmäßig auf. Diesen Zeichen gegenüber hat die ST-Verlagerung also den Nachteil, daß sie nicht so zuverlässig und spezifisch ist. Sie bietet aber den Vorteil, den Untersucher schon im Frühstadium an einen eventuell bestehenden Herzschaden denken zu lassen.

Außerdem ermöglicht der ST-Vektor die Lokalisation des Schadens (Innenschicht, Vorderwand).

6. Zusammenfassung

In der Humankardiologie gilt die ST-Verlagerung als Hinweis auf eine Mangelversorgung des Myokard. In dieser Arbeit werden bei 56 Diensthunden der Polizei sowie bei 20 klinikeigenen Hunden häufig vorkommende Formen der ST-Verlagerung beschrieben und Einflüsse auf die Art und Stärke der Verlagerung untersucht. Der Vektor von ST zeigt in Richtung der Ableitlinie der Abl. II und auf RA zu (4.1). Die Messung der ST-Verlagerung gegen die PQ- oder TP-Strecke ergab, daß die Verlagerung gegen TP grundsätzlich stärker war (4.2). Die ST-Verlagerung nimmt statistisch gesichert nach dem Ende der Belastung ab (4.3; Abb. 1 oben u. Tab. 2), zugleich geht auch die Frequenz zurück (Abb. 1 unten). Von der Frequenz allein ist im untersuchten Bereich von 60 bis 180/min dagegen die Stärke der ST-Verlagerung nicht abhängig (4.4). Die ST-Verlagerung ist statistisch gesichert bei höheren R-Zacken größer (4.5 u. Abb. 2). Bei Untersuchungen an 3 Hunden, die ST-Verlagerung als Zeichen für einen hohen Sympathikustonus im Verlauf von 3 Wochen durch Gewöhnung an die Ableitungsprozedur zu verändern, ergab sich kein statistisch gesicherter Unterschied (4.6). Dagegen war bei diesen Hunden und bei 56 Diensthunden die Temperatur während der EKG-Ableitung signifikant gestiegen. Die Hunde wurden also durch eine einmalige Ableitung und auch nach vielen Wiederholungen noch erregt (4.7). Etwa die Hälfte der 56 Diensthunde haben mittelgradige und starke ST-Senkungen in Abl. II (4.8), etwa zu gleichen Teilen von bogenförmigem und aszendierendem Verlauf (4.9). Sie sind weder nach Stärke noch Form von ST-Senkungen klinischer Fälle zu unterscheiden. In der Diskussion wird die Problematik der Bezugsstrecken PQ und TP und der wahren elektrophysikalischen Nullinie aufgezeigt. Die ST-Senkung in der Abl. II und ihren

Nachbarableitungen kommen beim Hund normalerweise sehr häufig, zum Beispiel schon durch Aufregung, vor. Bestehen allerdings bei einem kranken Hund auch andere Anzeichen, dann muß man die ST-Verlagerung diagnostisch verwerten. Die ST-Hebung in diesen Ableitungen war bei den Diensthunden nicht zu finden. Sie weist wahrscheinlich immer auf einen Myokardschaden hin. Zum Schluß wird hervorgehoben, daß die ST-Verlagerung als ein empfindliches und häufiges Indiz schon im Frühstadium an einen Herzschaden denken läßt. Außerdem ermöglicht der ST-Vektor die Lokalisation des Schadens (Innenschicht, Vorderwand).

7. Literaturverzeichnis

(1) American Heart Association — Special Report
Amer. Heart J.
25, 528-534 (1943)

(2) Beier, W. und Dörner, E. — Die Physik und ihre Anwendung in Medizin und Biologie
VEB Georg Thieme, Leipzig
3. Aufl. 1961

(3) Delius, L. u. Mitarb. — Klinische Physiologie des Herzens. In:
Bargmann, W. u. Doerr, W.
Das Herz des Menschen Bd. II
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
1963

(4) Detweiler, D.K. u. Mitarb. — Diseases of the Cardiovascular System. In:
Canine Medicine
American Veterinary Publications, Inc. 1968

(5) Gratzl, E. — Tachykardien beim Hund, eine klinische und elektrokardiographische Studie
Wien. tierärztl. Mschr.
47, 281-312, (1960)

(6) Gratzl, E. — Das Elektrokardiogramm (EKG) bei der Myokarditis des Hundes
17. Welt-Tierärztekongreß
Kongreßberichte
2, 1073-76, (1963)

(7) Höping, A.
Über Librium-, Perphenazin- und Gewöhnungseffekte auf den Blutdruck (Riva-Rocci) des Hundes
Vet. med. Diss. Berlin 1962

(8) Holzmann, M.
Klinische Elektrokardiographie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart
3. Aufl. 1955

(9) Horwitz, S.A. u. mitarb.
The electrocardiogram of the normal dog
Proc. Soc. Exper. Biol. a. Med.
84, 121-125, (1953)

(10) Janitschke, K.
Eine klinische Methode zum Ableiten von Hirnströmen beim Hund
Vet. med. Diss. Berlin 1962

(11) Koch-Momm, E.
Die Ungültigkeit des Einthoven schen Dreieckschemas für das Elektrokardiogramm
Zschr. Kreisl.forsch.
15, 513-524, (1933)

(12) Kroneman, J.
Het Electrokardiogram van het getrainde Paard
Vet. med. Diss. Utrecht 1965

(13) Kühn, D.
Die Vektoren im EKG des gesunden Hundes
Vet. med. Diss. Berlin 1968

(14) Landgren, S. u. Rutqvist, L.
Electrocardiogram of Normal Cold-Blooded Draft Horses after Work
Nord. vet. med.
5, 905-914, (1953)

(15) Lannek, N.
A Clinical and Experimental Study on the Electrocardiogram in Dogs
Vet. med. Diss. Stockholm 1949

(16) Lepeschkin, E.
Das Elektrokardiogramm
Verlag Theodor Steinkopff, Dresden und Leipzig, 3. Aufl. 1957

(17) Leupold, J.
Elektrokardiographische Untersuchungen am gesunden und herzkranken Hund unter besonderer Berücksichtigung der unipolaren Brustwandableitungen
Vet. med. Diss. Wien 1962

(18) Magendantz, H. u. Shortsleeve, J.
Elektrokardiographische Abweichungen bei Patienten mit Angstzustanden
Med. Nachr. Ver. St.
3, 74-75, (1952)

(19) Mainzer, F. u. Krause, M.
Über spontane Konfigurationsänderungen des normalen Extremitäten-Elektrokardiogramms beim Hunde
Cardiologia,
1, 148-158, (1937)

(20) Mellerowicz, H.
Über das Leistungsherz
Fortschr. Med.
15, 387-390, (1958)

(21) Müller, L.F.
Der psychische Einfluß auf den Blutdruck des Hundes
Tierärztl. Umschau, Konstanz
18, 296-304, (1963)

(22) Ritter, O. u. Fattorusso, V.
Atlas der Elektrokardiographie
S. Karger Verlag. Basel-New York
3. Aufl. 1965

(23) Roskamm, H.
Das Belastungs-EKG
Electromedica
4, 108-110, (1968)

(24) Rothschuh, K.E.
Elektrophysiologie des Herzens
Steinkopff Verlag Darmstadt 1951

(25) Schaefer, H.
Das Elektrokardiogramm, Theorie und Klinik
Springer Verlag,
Berlin-Göttingen-Heidelberg 1951

(26) Schaefer, H.
Kurze Darlegung einer exakten Theorie des EKG
Zschr. Kreisl.forsch.
38, 193-210, (1949)

(27) Schütz, E.
Physiologie des Herzens
Springer Verlag,
Berlin-Göttingen-Heidelberg 1958

(28) Schwartz-Porsche, D.
Thalliumvergiftung bei Hund und Katze
Kleint.-Prax.
14, 4-15 (1969)

(29) Uhlig, K. u. Werner, J.
Eine röntgenographische Methode zur Messung der Herzvergrößerung beim Hund.
Berliner Münchener tierärztl. Wschr.
6, 110-112 (1969)

(30) Weber, E. — Grundriß der Biologischen Statistik
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
5. Aufl. 1964

(31) Werner, J. u. Mitarb. — Systolen- und Diastolendauer als Funktion des Schlagintervalles beim Hund, bei anderen Haustierarten und beim Menschen
Berliner Münchener tierärztl. Wschr.
9, 166-170, (1969)

(32) Werner, J. — Persönliche Mitteilung

(33) Wezler, K. u. Böger, A. — Die Dynamik des arteriellen Systems
Erg. Physiol.
41, 506, (1939)

Herrn Professor Dr. L. Felix Müller danke ich
an dieser Stelle für das freundliche Überlassen
des Themas und Herrn Dr. J. Werner für die gütige
Unterstützung bei der Durchführung vorliegender Arbeit.

Lebenslauf

Am 5. August 1943 wurde ich, Hans-Joachim Beyer, in Berlin-Spandau geboren. Im September 1949 wurde ich in die 20. Grundschule in Berlin-Spandau eingeschult, in der ich vier Jahre blieb. 1953 kam ich in die Lateinklasse der 1. Grundschule, um zwei Jahre später in das Kant-Gymnasium in Berlin 20, Carl-Schurz-Str. 59, umgeschult zu werden.

Am 19. Februar 1963 habe ich am Kant-Gymnasium die Reifeprüfung abgelegt und bestanden. Nach 6-monatiger Krankenpflegetätigkeit begann ich am 18. Oktober 1963 das Studium der Veterinärmedizin. Die tierärztliche Vorprüfung bestand ich am 13. Oktober 1965. Das Staatsexamen schloß ich am 21. März 1969 ab.

Die Bestallung als Tierarzt erhielt ich am 13. Mai 1969.